

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-344897

(P2003-344897A)

(43) 公開日 平成15年12月3日 (2003. 12. 3)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 3 B	9/08	G 0 3 B 9/08	G 2 H 0 8 1
G 0 2 B	15/16	G 0 2 B 15/16	2 H 0 8 7
G 0 2 F	1/1335	G 0 2 F 1/1335	2 H 0 9 1
H 0 4 N	5/225	H 0 4 N 5/225	G 5 C 0 2 2
	5/238	5/238	Z 5 C 0 2 4
		審査請求 未請求 請求項の数 4	OL (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-157611(P2002-157611)

(22) 出願日 平成14年5月30日 (2002. 5. 30)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100065824

弁理士 篠原 泰司 (外1名)

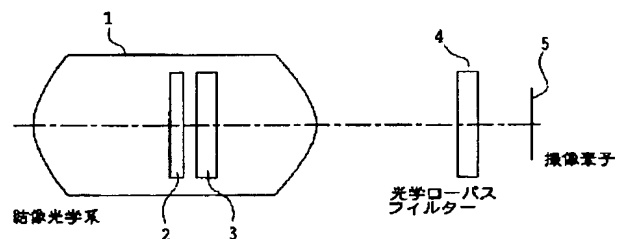
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像光学系

(57) 【要約】

【課題】 シャッターとして液晶を用いた場合においても偏光による目視と撮像結果との差を最小限に抑える。また、ファインダー光路分割用にハーフミラー或いはハーフプリズム (半透鏡) を使用するタイプの一眼鏡ファインダーカメラでのファインダー像と撮像結果との差を小さくし、また、偏光による光量損失を最小限に抑えることが出来る撮像系を提供する。

【解決手段】 物体の像を形成する結像光学系1と、形成された像の近傍に配された撮像デバイス5と、前記物体から撮像デバイス5の間の光路上の何れかの位置に配置された液晶素子3を備えている。液晶素子3よりも物体側に配置された光学素子2を備えている。光学素子2は、波長500nmにおける光の透過率が20%以上で、振動方向が互いに直交する光波に対する屈折率が異なる (屈折率に異方性のある) 媒質からなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の像を形成する結像光学系と、形成された像の近傍に配された撮像デバイスと、前記物体から前記撮像デバイスの間の光路上の何れかの位置に配置された液晶素子を備えた撮像光学系であって、前記撮像光学系は前記液晶素子よりも物体側に配置された光学素子を備え、該光学素子は波長500nmにおける光の透過率が20%以上で、振動方向が互いに直交する光波に対する屈折率が異なる媒質からなることを特徴とする撮像光学系。

【請求項2】 前記光学素子の進相軸方位と前記液晶素子における入射側直線偏光子の偏光方位とのなす角 φ は、次の条件で固定されている請求項1に記載の撮像光学系。

$$15^{\circ} \leq |\varphi| \leq 75^{\circ}$$

【請求項3】 前記光学素子と前記液晶素子との間に光路分割用の半透鏡を有する請求項1または2に記載の撮像光学系。

【請求項4】 前記半透鏡の半透面の法線と前記結像光学系の光軸を含む平面で決まる第1の方向と、前記液晶素子で決まる第2の方向とのなす角 ψ は、次の条件を満足するように固定されている請求項3に記載の撮像光学系。

$$0^{\circ} \leq |\psi| \leq 30^{\circ}$$

ここで、前記第1の方向は前記平面内にあり前記光軸に対する垂線方向であり、前記第2の方向は前記液晶素子の物体側に設けられた直線偏光素子の偏光方位である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カメラ、特にデジタルカメラの撮像系の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】カメラの光量調節は、主に露光時間を決めるシャッターと開口数（Fナンバーなど）を決める絞りとの組合せにより行われる。そして、殆どがこれらを機械的に駆動することにより光量が制御されるようになっている。機械駆動によるシャッターでは、それ自身の開口全域に亘る露光の同時性が確保できない。そのため、シャッターを絞りの近傍に配さないと像面光量むらを惹き起こす。このようなことから、変倍光学系では、シャッターユニットを一部の移動する光学系ごと同時に移動させる必要がある。この結果、カメラ全体が大型化してしまう。特に、カメラの薄型化を目的として、結像光学系内部で光路を折り曲げるタイプの光学系では、レンズ鏡筒の大型化はそのままカメラの厚みに影響し好ましくない。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、シャッター開口全域に亘る露光の同時性の条件を満たすものとし

て、液晶を利用した液晶シャッターが知られている。ところが、液晶には光波の振動の方位によって透過率が大きく異なる（直線偏光など）という性質がある。そのため、被写体光が強く偏光している場合、被写体からの光が撮像面（撮影面）に到達しないという問題が生じる。光透過率または光透過量の制御を行うことの出来る物性素子を用いたカメラとして、特開平6-46324号公報に開示されたものがある。ここに開示された例の場合、直線偏光作用のある前記物性素子より像側に円偏光板を配し、それに続く光反射手段に対し円偏光化された光が入射するようにして、光分割等を正常に行うようにしている。しかしながら、入射光が強く偏光している場合については、何ら考慮されていない。そのため、液晶画像や水面、ガラス、青空、その他光沢のある被写体を撮像あるいは撮影したときの像は見た感じと異なる。特に液晶ディスプレイにモニター画像を出すタイプの一眼レフファインダーカメラでは、被写体からの光をファインダーへ振り分けるために、ハーフミラー或いはハーフプリズム（半透鏡）を使用するので、ファインダー像と撮影像との明るさや色の差が大きくなる欠点がある。

【0004】本発明は、従来技術の有する上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、シャッターとして液晶を用いた場合においても偏光による目視と撮像結果との差を最小限に抑えることである。また、ファインダー光路分割用にハーフミラー或いはハーフプリズム（半透鏡）を使用するタイプの一眼レフファインダーカメラにおいて、ファインダー像と撮像結果との差を小さくし、また、偏光による光量損失を最小限に抑えることが出来る撮像系を提供することにある。また、他の目的は、光学性能上有利な変倍時に絞り光軸上を移動するズームレンズにおいてもレンズ鏡筒の肥大化を防止し、最適な光学ユニットを容易に実現できるようにした撮像系を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明による撮像光学系は、物体の像を形成する結像光学系と、形成された像の近傍に配された撮像デバイスと、前記物体から前記撮像デバイスの間の光路上の何れかの位置に配置された液晶素子を備えた撮像光学系であって、前記撮像光学系は前記液晶素子よりも物体側に配置された光学素子を備え、該光学素子は波長500nmにおける光の透過率が20%以上で、振動方向が互いに直交する光波に対する屈折率が異なる（屈折率に異方性のある）媒質からなることを特徴としている。

【0006】また、本発明による撮像光学系は、前記光学素子の進相軸方位と前記液晶素子における入射側直線偏光子の偏光方位とのなす角 φ が、次の条件で固定されている。

$$15^{\circ} \leq |\varphi| \leq 75^{\circ}$$

【0007】また、本発明による撮像光学系は、前記光

光学素子と前記液晶素子との間に光路分割用の半透鏡を有している。

【0008】また、本発明による撮像光学系は、前記半透鏡の半透面の法線と前記結像光学系の光軸を含む平面で決まる第1の方向と、前記液晶素子で決まる第2の方向とのなす角 ψ が、次の条件を満足するように固定されている。

$$0^\circ \leq |\psi| \leq 30^\circ$$

ここで、前記第1の方向は前記平面内にあり前記光軸に対する垂線方向であり、前記第2の方向は前記液晶素子の物体側に設けられた直線偏光素子の偏光方位である。

【0009】

$$75^\circ \leq |\theta| \leq 90^\circ \quad (\theta \text{の取り得る最大最小値は}\pm 90^\circ)$$

(1)

なお、液晶素子は、入射光透過時間の制御（いわゆるシャッター）或いは入射光透過率の制御（いわゆる明るさ絞り）として光量の調節を行うものである。また、液晶素子の透過率が連続的に変化するように制御して、この二つの役割を同時に行うことも可能である。

【0010】ところで、一眼レフファインダーカメラ、特に液晶ディスプレイにモニター画像を出すタイプの場合、液晶ディスプレイに常時画像を出すために、ファインダー光路分割用としてハーフミラーまたはハーフプリズム（半透鏡）を使用する必要がある。ところが、反射率50%のハーフプリズムには強い偏光作用がある。そのため、半透面で反射された光の殆どがS偏光、透過した光の殆どがP偏光になる。そこで、屈折率に異方性のある媒質からなる光学素子を、ハーフプリズムよりも物体側に配置する。このようにすれば、ハーフプリズムより物体側にて被写体からの光の直線偏光の度合いを緩和することができる。この結果、ハーフプリズムの反射側にも透過側にも光を振り分けることができる。なお、撮像素子は透過側でも反射側でもどちらでも良い。液晶素子は当然撮像素子側の光路中に配置される。また、ハーフプリズムの像側に、P偏光が透過時にほぼ最大に透過

$$15^\circ \leq |\varphi| \leq 75^\circ \quad (\varphi \text{の取り得る最大最小値は}\pm 90^\circ)$$

(2)

但し、 φ は屈折率に異方性のある媒質からなる光学素子の進相軸方位と液晶素子の入射側直線偏光子による偏光方位とのなす角である。この条件の範囲を超えると入射光の偏光方向によっては透過率が著しく低下するので好

$$0^\circ \leq |\psi| \leq 30^\circ \quad (\psi \text{の取り得る最大最小値は}\pm 90^\circ)$$

(3)

但し、 ψ は、半透鏡の半透面の法線と結像光学系の光軸を含む平面で決まる第1の方向と、液晶素子で決まる第2の方向のなす角であって、第1の方向は上記平面内にあり光軸に対する垂線方向であり、第2の方向は液晶素子の物体側に設けられた直線偏光素子の偏光方位である。この条件の範囲を超えると液晶素子による光量損失

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図示した実施例に基づき説明するが、説明に先立ち、本発明の作用効果について述べることにする。請求項1に記載の本発明によれば、被写体からの光が特定の方向の偏光を多く含んでいても、直線偏光の度合いを出来るだけ緩和した状態にすることが可能となる。この結果、液晶素子をシャッターとして用いた場合でも、目視と撮像結果との差を最小限に抑えることが出来る。但し、ここでいう屈折率に異方性のある媒質とは、例えば、結晶あるいは高分子材料（プラスチック）である。そして、このような媒質からなる光学素子は、進相軸と結像光学系の光軸とのなす角 θ が次の条件を満たすものを指す。

するような向きに液晶素子を配置すれば、この液晶素子の偏光による光量損失は殆どなくなることになる。

【0011】前記の屈折率に異方性のある媒質（円偏光板、 $\lambda/4$ 板、波長板など）は円偏光作用を有し、特定の偏光方向に偏らない光にするものである。ここで、その作用を十分に出すためには条件がある。屈折率に異方性のある媒質からなる光学素子は、進相軸あるいは遅相軸（結晶の場合は結晶軸）を有する。円偏光作用は、入射する直線偏光の偏光方位に対する進相軸（あるいは遅相軸）の方位、つまり両者の相対的アジマスが 45° のときのみに得られる。 0° と 90° の場合は直線偏光のまま（但し、偏光方位が回転している場合がある）である。その中間は楕円偏光となり、直線偏光度合いの緩和作用としても中間的な状態である。楕円偏光（その特殊ケースが円偏光と直線偏光）の長軸が液晶素子の入射側直線偏光子による偏光方位に対して 45° であれば、如何なるアジマスの偏光光に対しても被写体からの光が撮像面に到達しないことはなく、且つ、入射光の偏光方向による透過率の差が最も少ない。従って、十分な効果の出せる相対的アジマスの範囲は次のようになる。

ましくない。

【0012】また、半透鏡を用いる構成では、半透鏡と液晶素子との相対的アジマス関係については、次のようにすると良い。

が許容出来なくなる。

【0013】なお、撮像素子として電子撮像素子を用いた場合、光学ローパスフィルターが必要になるが、通常、このフィルターは撮像素子の直前に配置される。このフィルターも偏光と関連しており、ローパス効果が正常に発揮されるためには、ローパスフィルターと円偏光

板、ハーフプリズム、液晶素子との関係を次のAからDのようにすると良い。

【0014】A. 物体側から、円偏光板 ($\lambda/4$ 板)、液晶素子、光学ローパスフィルターの順、或いは、物体側から、円偏光板 ($\lambda/4$ 板)、ハーフプリズム、液晶素

$$30^\circ \leq |\alpha 1| \leq 60^\circ \quad (\alpha 1 \text{ の取り得る最大最小値は } \pm 90^\circ)$$

(4)

なお、上記条件 (1), (2), (3) を満たすようにすると、より好ましい。

【0015】B. 光学ローパスフィルターをハーフプリズムと液晶光学系の間に配置する。そして、ハーフプリズムの半透面の法線と結像光学系の光軸を含む平面で決まる第1の方向と、光学ローパスフィルターの最も物体側の成分による分離の方向とのなす角を $\alpha 2$ としたと

$$30^\circ \leq |\alpha 2| \leq 60^\circ \quad (\alpha 2 \text{ の取り得る最大最小値は } \pm 90^\circ)$$

(5)

$$30^\circ \leq |\alpha 3| \leq 60^\circ \quad (\alpha 3 \text{ の取り得る最大最小値は } \pm 90^\circ)$$

(6)

なお、円偏光板については上記条件 (1), (2) を満たせば良い。

【0016】C. 光学ローパスフィルターをハーフプリズムの物体側に配置する。そして、ハーフプリズムの半

$$30^\circ \leq |\alpha 4| \leq 60^\circ \quad (\alpha 4 \text{ の取り得る最大最小値は } \pm 90^\circ)$$

(7)

なお、円偏光板は光学ローパスフィルターの1つの成分として組み込むか、光学ローパスフィルターに円偏光機能を持たせることも可能である。勿論、光学ローパスフィルターを円偏光板の物体側に配置しても良い。但し、何れの場合においても上記条件 (2) を満たすのが良い。

【0017】D. 光分割素子がない光学系において、光学ローパスフィルターを円偏光板と液晶素子との間に配置する。そして、上記条件 (2), (6) を満たせば良い。更に、上記条件 (1) を満たすと良い。

【0018】なお、円偏光板を分離の方向の異なった複数の光学ローパスフィルターにて挟む配置の場合は、上記条件 (6) を満たすのが良い。更に、上記条件

(1), (2) を満たすと良い。但し、光学ローパスフィルターを円偏光板の物体側に配置した場合は特に光学ローパスフィルターのアジマス関係への制限はない。

【0019】本発明は、カメラのシャッター・絞りに相当する光量調節機能を、機械駆動によらず、液晶などの物性を利用して行うものである。この構成が特に有効な光学系には、次のようなものがある。

1. シャッターや絞りを変培時などに移動する光学系。

(例1) 物体側から第1レンズ群と、広角端から望遠端に変培する際に、開口絞りと一体で物体側にのみ移動する正の屈折力を有するレンズ群Pを有するズームレンズ系 (特に第1レンズ群に光路屈折のための反射光学素子を有するタイプや、光量調節のための部材が入らない程

度、光学ローパスフィルターの順に配置する。そして例えば、光学ローパスフィルターの最も物体側のフィルターによる分離の方向と液晶素子から射出する光線の偏光方向とのなす角を $\alpha 1$ としたとき、次の条件となるようにするのが良い。

き、次の条件 (5) を満たすと良い。更に、液晶素子は上記条件 (3) を満たすように配置するのが良い。そのためには、光学ローパスフィルターの最も像側の成分による分離の方向と液晶素子の入射側直線偏光子の偏光方位とのなす角を $\alpha 3$ としたとき、次の条件 (6) を満たすようにするのが良い。

透面の法線と結像光学系の光軸を含む平面で決まる第1の方向と、光学ローパスフィルターの最も像側の成分による分離の方向とのなす角を $\alpha 4$ としたとき、次の条件 (7) を満たすようにすると良い。

度にレンズ群Pが望遠端において接近するようなタイプ)。

2. 絞り近傍にレンズシャッター機構を入れるスペース確保が困難な光学系。

(例2) 物体側から第1レンズ群と、変培時に移動する第2レンズ群と、開口絞りと、変培時に移動するレンズ群Qを有するズームレンズ系において、前記第2レンズ群、レンズ群Qの少なくとも何れか一方のレンズ群が広角端から望遠端に変培する際にいずれか一方の方向にのみ移動するズームレンズ (この場合も、第1レンズ群に光路屈折のための反射光学素子を有するタイプや、光量調節のための部材が入らない程度にレンズ群Qが望遠端において接近するようなタイプでも良い)。

3. フォーカルプレーンシャッターの機械駆動による像面へのごみ付着の問題がある光学系。

(例3) 一眼レフレックスカメラの撮像光学系のようにバックフォーカスの長い光学系。例えば、 $Fb \geq 1.8 \cdot fw$ なるカメラ用光学系。但し、 Fb は屈折力を有する最終レンズ要素の最も像側の頂面から結像面に至る距離の空気換算長、 fw はズームレンズの広角端焦点距離である。

【0020】上記1. のタイプの光学系の場合、物性によるシャッター絞りは、何れか適当な位置に固定することができる。そうすると、変培時に移動する開口絞りの内径は固定することができる。その結果、絞り機構が不要となり、シャッターも含めて大きな機構が移動する必

要がなくなる。また、物性によるシャッター絞りは、このように必ずしも開口絞りの近傍に配置する必要がない。そのため、上記2.のような変倍時に絞りに接近するレンズ群が存在するタイプの光学系においても有効である。

【0021】なお、本発明に適用可能な光学系の詳細な構成例を以下に示す。

1) 物体側から順に、負レンズと、正レンズとで構成された第1レンズ群と、正の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に開口絞りと一緒に物体側にのみ移動し、1つまたは2つのレンズ成分(ここで、レンズ成分とは、単レンズもしくは接合レンズを指す。従って、3枚接合レンズも1つのレンズ成分と数える。)とからなる第2レンズ群とで構成され、合焦を第1レンズ群全体あるいは第2レンズ群の一部を移動して行なうズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、物性によるシャッター絞り(物性光量調節素子)は第2レンズ群の像側のいずれかの位置に固定するのがよい。

【0022】2) 上記レンズの構成例に対し、その像側に第2レンズ群から独立した1枚の正レンズ、あるいは1つの正レンズ成分からなる第3レンズ群を有するズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、第3レンズ群で合焦を行うようにしてもよい。また、物性光量調節素子は、第2レンズ群と第3レンズ群との間、もしくは、第3レンズ群の直後、もしくは、最終レンズ群の像側に挿入するのが良い。

【0023】3) 物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと、光路を折り曲げるための反射光学素子を含み変倍時固定の第1レンズ群と、正の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に開口絞りと一緒に物体側にのみ移動し1つまたは2つのレンズ成分とからなる第2レンズ群と、第2レンズ群とは異なった動きをする第3レンズ群と、正の屈折力を有する最終レンズ群とからなるズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、物性によるシャッター絞り(物性光量調節素子)は第3レンズ群と最終レンズ群との間、もしくは、最終レンズ群の像側のいずれかの位置に固定するのが良い。

【0024】4) 物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと、光路を折り曲げるための反射光学素子を含み変倍時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に往復運動をする第2レンズ群と、正の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に開口絞りと一緒に物体側にのみ移動し1つまたは2つのレンズ成分とからなる第3レンズ群と、正の屈折力を有する最終レンズ群とからなるズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、物性によるシャッター絞り(物性光量調節素子)は第3レンズ群と最終レンズ群との間、もしくは、最終レンズ群の像側のいずれかの位置に固定するのが良い。

【0025】5) 前記反射光学素子を含み変倍時固定の第1レンズ群を、物体側から光路に沿って順に、最も物体側に凹面を向けた入射面を有した光路を折り曲げるための反射光学素子(プリズム)を含み変倍時固定の第1レンズ群に置き換えたズームレンズ系。この構成例のズームレンズの場合、物性光量調節素子の位置は上記例4)と同じである。

【0026】6) 物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し最も像側が正レンズであり変倍時に移動する第2レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有し変倍時に移動するレンズ群Qと、正の屈折力を有する最終レンズ群Rを有するズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、物性光量調節素子はレンズ群Qとレンズ群Rとの間、もしくは、最終レンズ群Rの像側に挿入するのが良い。また、第2レンズ群は、2つ以内のレンズ成分にて構成するのが良い。

【0027】7) 物体側から順に、正の屈折力を有し変倍時に移動する第1レンズ群と、負の屈折力を有し変倍時に移動する第2レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有し変倍時に移動するレンズ群Qと、正の屈折力を有する最終レンズ群Rを有するズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、物性光量調節素子はレンズ群Qとレンズ群Rとの間、もしくは、最終レンズ群Rの像側に挿入するのが良い。

【0028】8) 物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと光路を折り曲げるための反射光学素子と正レンズからなり変倍時固定の第1レンズ群と、最も像側が正レンズであり変倍時に移動する第2レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有し変倍時に移動するレンズ群Qと、正の屈折力を有する最終レンズ群Rを有するズームレンズ。この構成例のズームレンズの場合、物性光量調節素子はレンズ群Qとレンズ群Rとの間もしくは最終レンズ群Rの像側に挿入するのが良い。また、第2レンズ群は、2つ以内のレンズ成分にて構成するのが良い。

【0029】9) 前記第1レンズ群を、物体側から光路に沿って順に、最も物体側に凹面を向けた入射面を有する光路を折り曲げるための反射光学素子(プリズム)と正レンズからなるレンズ群に置き換えたズームレンズ系。この構成例のズームレンズ系の場合、物性光量調節素子の位置は上記例8)と同じである。なお、光路を折り曲げるための反射光学素子は第2レンズ群とレンズ群Qとの間に設けても良い。

【0030】10) 結像光学系全系の像側あるいは中間に光路分割のための反射手段を有する光学系。

11) 上記10)の光学系において光路を折り曲げるための反射光学素子を有する光学系。

12) 上記11)の光学系において、上記反射光学素子は、少なくとも入射面か射出面の一方が曲面のプリズム体である光学系。

13) 上記10)の光学系において、上記光路分割のための反射手段は半透鏡あるいは半透（ハーフ）プリズムであり、反射側がファインダーとなっている光学系。

【0031】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。なお、以下に説明する実施例に共通の構成として、各実施例の撮像光学系は、物体の像を形成する結像光学系と、形成された像の近傍に配置された撮像デバイス

（撮像素子）と、前記物体から前記撮像デバイスの間のいずれかの位置に配置された液晶素子を備えている。また、各実施例の撮像光学系は、前記液晶素子よりも物体側に配置された光学素子を備えている。また、該光学素子は、波長500nmにおける光の透過率が20%以上で、振動方向が互いに直交する光波に対する屈折率が異なる媒質で構成されている。また、前記光学素子の進相軸方位と前記液晶素子における入射側直線偏光子の偏光方位とのなす角 ϕ は、次の条件で固定されている。

$$15^\circ \leq |\phi| \leq 75^\circ$$

また、以下の実施例のいくつかは、前記光学素子と前記液晶素子との間に光路分割用のハーフミラーを有する構成のものである。そのようなハーフミラーを有する構成の実施例においては、ハーフミラーの半透面の法線と前記結像光学系の光軸を含む平面で決まる第1の方向と、前記液晶素子で決まる第2の方向とのなす角 ψ は、次の条件を満足するように固定されている。

$$0^\circ \leq |\psi| \leq 30^\circ$$

ここで、前記第1の方向は前記平面内にあり前記光軸に対する垂線方向であり、前記第2の方向は前記液晶素子の物体側に設けられた直線偏光子の偏光方位である。

【0032】第1実施例

図1は本発明に係る撮像光学系の第1実施例の光軸に沿う概略断面図である。本実施例は、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が、独立している撮像光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、光学素子2と、液晶素子3が結像光学系1の内部に配置されている。また、結像光学系1に続いて光学ローパスフィルター4、撮像素子5の順に配置されている。本実施例の光学素子2は円偏光板である。ここでは、 $\lambda/4$ 板が用いられている。なお、円偏光板としては、その他の波長板を用いることもできる。また、円偏光板の空気接触面に赤外カットコートを施してもよい。液晶素子3は、 $\lambda/4$ 板（光学素子2）側に偏光子が設けられている。この偏光子の偏光方向は、 $\lambda/4$ 板の結晶軸方向に対して略 45° となっている。なお、図1では、光学素子2と液晶素子3とは離れて配置されているが、両者を接合したものを配置してもよい。

【0033】第2実施例

図2は本発明に係る撮像光学系の第2実施例の光軸に沿う概略断面図である。本実施例も、第1実施例と同様

に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が、独立している撮像光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、光学素子2と、液晶素子3が結像光学系1の外部に配置されている。また、液晶素子3に続いて撮像素子5が配置されている。本実施例の光学素子2は1つの円偏光板2aと2つの光学ローパスフィルター2b、2cとからなり、円偏光板2aの両面に光学ローパスフィルター2b、2cが接着されている。ここでは、円偏光板2aとして $\lambda/4$ 板が用いられている。なお、円偏光板2aとしては、その他の波長板を用いることもできる。また、光学素子2の空気接触面（光学ローパスフィルター2b、2cの空気接触面）に赤外カットコートを施してもよい。液晶素子3は、 $\lambda/4$ 板2a側に偏光子が設けられている。この偏光子の偏光方向は、 $\lambda/4$ 板2aの結晶軸方向に対して略 45° となっている。なお、図2では、光学素子2と液晶素子3とは離れて配置されているが、両者を接合したものを配置してもよい。また、第1実施例の光学素子2を本実施例のように、結像光学系の外部に配置することも可能である。また、これとは逆に、本実施例の光学素子2を第1実施例のように結像光学系1の内部に配置することもできる。

【0034】第3実施例

図3は本発明に係る撮像光学系の第3実施例の光軸に沿う概略断面図である。本実施例は、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路の一部が共通になっている撮像光学系、例えば、一眼レフレックスカメラの撮像光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、光学素子2と、液晶素子3が結像光学系1の外部に配置されている。また、本実施例では、ファインダー光学系に物体像を導くために、光路中にハーフミラー（プリズム）6が配置されている。本実施例の光学素子2は、円偏光板であり、結像光学系1とハーフミラー6の間に配置されている。また、ハーフミラー6に続いて液晶素子3、光学ローパスフィルター4、撮像素子5の順に配置されている。また、本実施例の光学素子2や液晶素子3の構造は、第1実施例と同じである。なお、液晶素子3の偏光子のうち、ハーフミラー6側にある偏光子の偏光方向は、ハーフミラー6による反射直後の光路の撮像素子5への撮影像に対して略平行になっているのが好ましい。

【0035】第4実施例

図4は本発明に係る撮像光学系の第4実施例の光軸に沿う概略断面図である。本実施例も、第3実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路の一部が共通になっている撮像光学系、例えば、一眼レフレックスカメラの撮像光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、光学素子2と、液晶素子3が結像光学系1の外部に配置されている。また、本実施例では、ファインダー光学系に物体像を導くために、光路中

にハーフミラー（プリズム）6が配置されている。また、ハーフミラー6に続いて液晶素子3、撮像素子5の順に配置されている。本実施例の光学素子2は、光学素子2は、第2実施例と同じであり、1つの円偏光板2aと2つの光学ローパスフィルター2b、2cとからなり、円偏光板2aの両面に光学ローパスフィルター2b、2cが接着されている。なお、本実施例では、光学素子2の両側にある光学ローパスフィルター2b、2cのうち、ハーフミラー6側の光学ローパスフィルター2cの分離方向は、ハーフミラー6による反射直後の光路の撮像素子5への撮影像に対して略45°になっているのがよい。また、液晶素子3の偏光子のうち、ハーフミラー6側にある偏光子の偏光方向は、ハーフミラー6による反射直後の光路の撮像素子5への撮影像に対して略平行になっているのが好ましい。

【0036】第5実施例

図5は本発明に係る撮像光学系の第5実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、開口絞り7が変倍時に移動する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、結像光学系1、光学素子2、液晶素子3、光学ローパスフィルター4、撮像素子5が一直線上に配置されている。結像光学系1は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、広角端から望遠端に変倍する際に開口絞り7と一体で物体側にのみ移動する正の屈折力を有する第2レンズ群G2を有し、ズームレンズ系として構成されている。第1レンズ群G1は、物体側から順に、負レンズと正レンズとで構成されている。第2レンズ群G2は、3枚接合レンズで構成されている。合焦は、第1レンズ群G1あるいは第2レンズ群G2を移動して行うようになっている。光学素子2は、第2レンズ群よりも像側に固定されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第1実施例と同様である。

【0037】第6実施例

図6は本発明に係る撮像光学系の第6実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例も、第5実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、開口絞り7が変倍時に移動する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、第5実施例と同様に、結像光学系1、光学素子2、液晶素子3、光学ローパスフィルター4、撮像素子5が一直線上に配置されている。結像光学系1は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、広角端から望遠端に変倍する際に開口絞り7と一体で物体側にのみ移動する正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、第2レンズ群G2とは異なった動きをする第3レンズ群G3と正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズームレンズ系として構成されている。第1レンズ群G1は、物体側から順に、負レンズと

正レンズとで構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、2枚接合レンズと正レンズとで構成されている。第3レンズ群G3は、1枚の正レンズで構成されている。合焦は、第1レンズ群G1あるいは第2レンズ群G2を移動して行うようになっている。なお、合焦を第3レンズ群G3で行うようにしたものにも本実施例は適用可能である。光学素子2は、第3レンズ群G3の直後に配置されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第1実施例と同様である。

【0038】第7実施例

図7は本発明に係る撮像光学系の第7実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、第5、第6実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、開口絞り7が変倍時に移動する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系は、折り曲げ光学系であって、結像光学系1の光路中に光軸を折り曲げる光路折り曲げ素子8を有して構成されている。結像光学系1は、物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと光路を90°折り曲げるための反射光学素子8を含み変倍時固定の第1レンズ群G1と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に開口絞り7と一体で物体側にのみ移動する第2レンズ群G2と、第2レンズ群G2とは異なった動きをする第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズームレンズ系として構成されている。光路折り曲げ素子8は、プリズムで構成されており、入射面は平面になっている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、2枚接合レンズと、正レンズとで構成されている。第3レンズ群G3は、1枚の正レンズで構成されている。光学素子2は、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に固定されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第1実施例と同様である。

【0039】第8実施例

図8は本発明に係る撮像光学系の第8実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、第5～第7実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、開口絞り7が変倍時に移動する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系は、第7実施例と同様に、折り曲げ光学系であって、結像光学系1の光路中に光軸を折り曲げる光路折り曲げ素子8を有して構成されている。結像光学系1は、物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと光路を90°折り曲げるための反射光学素子8を含み変倍時固定の第1レンズ群G1と、負の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に往復運動をする第2レンズ群G2と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に開口絞り7と一体で物体側にのみ移動する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有し、ズ

ームレンズ系として構成されている。光路折り曲げ素子8は、プリズムで構成されており、入射面は平面になっている。第2レンズ群G2は、2枚接合レンズで構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、2枚接合レンズと正レンズとで構成されている。光学素子2と液晶素子3は、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に固定されている。なお、本実施例では、光学素子2と液晶素子3は接着され、一体に形成されている。

【0040】第9実施例

図9は本発明に係る撮像光学系の第9実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、物体側から第1レンズ群、変倍時に移動する第2レンズ群、開口絞り、変倍時に移動するレンズ群Qを有する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系は、第7実施例と同様に、折り曲げ光学系であって、結像光学系1の光路中に光軸を折り曲げる光路折り曲げ素子8を有して構成されている。結像光学系1は、物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと光路を90°折り曲げるための反射光学素子8を含み変倍時固定の第1レンズ群G1と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群G2と、開口絞り7と、広角端から望遠端に変倍する際に像側に移動する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有し第3レンズ群とは移動量が異なる第4レンズ群G4を有し、ズームレンズ系として構成されている。光路折り曲げ素子8は、プリズムで構成されており、入射面は平面になっている。第2レンズ群G2は、2枚接合レンズで構成されている。第3レンズ群G3も、2枚接合レンズで構成されている。光学素子2は、第4レンズ群G4より像側に配置されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第1実施例と同様である。

【0041】第10実施例

図10は本発明に係る撮像光学系の第10実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、第5～第8実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、開口絞り7が変倍時に移動する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系は、折り曲げ光学系であって、結像光学系1の光路中に光軸を折り曲げる光路折り曲げ素子8'を有して構成されている。結像光学系1は、物体側から光路に沿って順に、最も物体側に凹面を向けた入射面を有した光路を90°折り曲げるための反射光学素子8'を含み変倍時固定の第1レンズ群G1と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に開口絞り7と一体で物体側にのみ移動する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4を有

し、ズームレンズ系として構成されている。光路折り曲げ素子8'は、入射面が非球面になっている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、正レンズと2枚接合レンズとで構成されている。第3レンズ群G3は、1枚の正レンズで構成されている。光学素子2は、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に固定されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第2実施例と同様である。

【0042】第11実施例

図11は本発明に係る撮像光学系の第11実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、第9実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、物体側から第1レンズ群、変倍時に移動する第2レンズ群、開口絞り、変倍時に移動するレンズ群Qを有する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系は、第7実施例と同様に、折り曲げ光学系であって、結像光学系1の光路中に光軸を折り曲げる光路折り曲げ素子8を有して構成されている。結像光学系1は、物体側から光路に沿って順に、射出側が凹面の負レンズと光路を90°折り曲げるための反射光学素子8を含み変倍時固定の第1レンズ群G1と、負の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に像側にのみ移動する第2レンズ群G2と、開口絞り7と、正の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に物体側に移動する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有し第3レンズ群とは移動量が異なる第4レンズ群G4を有し、ズームレンズ系として構成されている。光路折り曲げ素子8は、プリズムで構成されており、入射面は平面になっている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズと正レンズとで構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、正レンズと2枚接合レンズとで構成されている。光学素子2は、第4レンズ群G4よりも像側に配置されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第1実施例と同様である。

【0043】第12実施例

図12は本発明に係る撮像光学系の第12実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、第9、第11実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系1の光路が独立しており、かつ、物体側から第1レンズ群、変倍時に移動する第2レンズ群、開口絞り、変倍時に移動するレンズ群Qを有する光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系は、第10実施例と同様に、折り曲げ光学系であって、結像光学系1の光路中に光軸を折り曲げる光路折り曲げ素子8'を有して構成されている。結像光学系1は、物体側から光路に沿って順に、最も物体側に凹面を向けた入射面を有した光路を90°折り曲げるための反射光学素子8'を含み変倍時固定の第1レンズ群G1と、負の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍

する際に像側にのみ移動する第2レンズ群G2と、開口絞り7と、正の屈折力を有し広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有し第3レンズ群とは異なる動きをする第4レンズ群G4を有し、ズームレンズ系として構成されている。光路折り曲げ素子8'は、入射面が非球面になっている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズと正レンズとで構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、2枚接合レンズと正レンズとで構成されている。光学素子2は、第4レンズ群G4よりも像側に配置されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第1実施例と同様である。

【0044】第13実施例

図13は本発明に係る撮像光学系の第13実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。本実施例は、第1、第3実施例と同様に、ファインダー光学系の光路と結像光学系の光路の一部が共通になっている撮像光学系、例えば、一眼レフレックスカメラの撮像光学系への適用例である。本実施例の撮像光学系では、結像光学系1、ハーフミラー（ハーフプリズム）6、光学素子2、液晶素子3、光学ローパスフィルター4、撮像素子5が一直線上に配置されている。結像光学系1は、第1レンズ群G1と、広角端から望遠端に変倍する際に像側にのみ移動する負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞り7と、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、第3レンズとは移動量の異なる第4レンズ群G4を有し、ズームレンズ系として構成されている。第1レンズ群は、正レンズで構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、負レンズと負レンズと正レンズとで構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、2枚接合レンズで構成されている。第4レンズ群G4は、正レンズで構成されている。ハーフプリズム6は、第4レンズ群G4と光学素子2との間に配置されている。このハーフプリズム6は、反射した光をファインダー光学系（図示省略）へ導き、透過した光を光学素子2に導くようになっている。光学素子2は、ハーフプリズム6よりも物体側に配置されている。なお、光学素子2、液晶素子3の構成は、第2実施例と同じである。

【0045】以上説明したように、本発明による撮像光学系は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次のような特徴も備えている。

【0046】（1）前記液晶素子にて入射光の透過時間、あるいは入射光の透過光量を変化させる請求項1に記載の撮像光学系。

【0047】（2）ファインダー光学系を備え、前記半透鏡にて分割された光路のうちの一つが前記撮像デバイスへ到達し、残りのうちのいずれかがファインダー光学系へ到達する請求項3に記載の撮像光学系。

【0048】

【発明の効果】本発明によれば、液晶の偏光による弊害を取り除いた光量調節光学素子を得ることができ、これにより、機械駆動による光量調節機構を省略でき、レンズ鏡筒の簡素化、小型化を達成でき、ひいてはカメラ筐体の小型化が実現できる。特に、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出し携帯時に光学系をカメラボディ内に収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用してカメラ筐体を薄型化する場合は、そこに用いられる光学系の性格上、開口絞りに隣接するレンズ面は少なくとも一方は本開口絞りに向って凸面を向けている。このため、開口絞りの内径を固定とし前記凸のレンズ面が開口絞り内径部を貫通するような配置にすると、絞りによる無駄なスペースが完全になくなり、稼働のレンズ群を極限まで接近させることができ、筐体へのレンズ収納時の光学系の厚みのさらなる短縮が可能となる。なお、この場合、絞り込むことが出来なくなるので、前記光量調節光学素子が必要となるが、これを平面に近い光学素子の近くに配置すれば、その分厚みの増大は最小限に抑えられる。

【0049】カメラ筐体の奥行き方向を薄くするもう一つの手段が光路折り曲げ反射光学素子の導入であるが、この場合、鏡筒の肥大化がそのまま奥行きの厚みに影響する。これに採用される光学系は、光学性能上、開口絞りを変倍のために稼働するレンズ群と一体に移動するようにしたほうが有利である。しかるに、本発明によれば、開口絞り内径を固定とし、光量調節については光量調節光学素子を変倍レンズ群の移動スペース以外の位置に挿入し固定すれば、光量調節機構の移動スペースを節約でき、大幅な小型化が可能となる。

【0050】一眼レフレックス方式の光学系では、ハーフミラーによる光量劣化（約半分）がある。また、本発明の光量調節光学素子においても約半分の光量劣化がある。合わせると最大でも25%程度に減少するところである。しかるに、本発明のような構成を用いれば、後者による光量劣化を避けることができ全体として50%の光量を確保することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る撮像光学系の第1実施例の光軸に沿う概略断面図である。

【図2】本発明に係る撮像光学系の第2実施例の光軸に沿う概略断面図である。

【図3】本発明に係る撮像光学系の第3実施例の光軸に沿う概略断面図である。

【図4】本発明に係る撮像光学系の第4実施例の光軸に沿う概略断面図である。

【図5】本発明に係る撮像光学系の第5実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

【図6】本発明に係る撮像光学系の第6実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状

態を示している。

【図7】本発明に係る撮像光学系の第7実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

【図8】本発明に係る撮像光学系の第8実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

【図9】本発明に係る撮像光学系の第9実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

【図10】本発明に係る撮像光学系の第10実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

【図11】本発明に係る撮像光学系の第11実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

【図12】本発明に係る撮像光学系の第12実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端

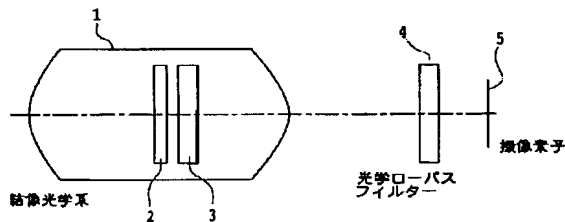
の状態を示している。

【図13】本発明に係る撮像光学系の第13実施例の光軸に沿う概略断面図であり、(a)は広角端、(b)は望遠端の状態を示している。

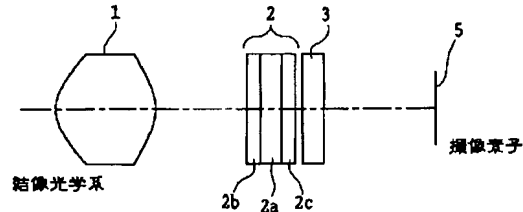
【符号の説明】

1	結像光学系
2	光学素子
2 a	円偏光板
2 b、2 c、4	光学ローパスフィルター
3	液晶素子
5	撮像素子
6	ハーフミラー（ハーフプリズム）
7	開口絞り
8, 8'	反射光学素子（光路折り曲げ素子）
G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群

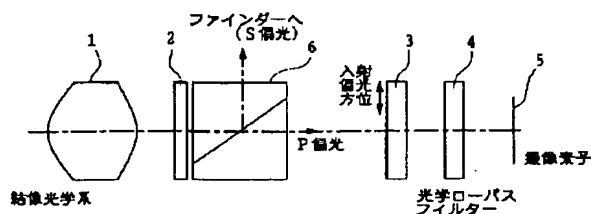
【図1】



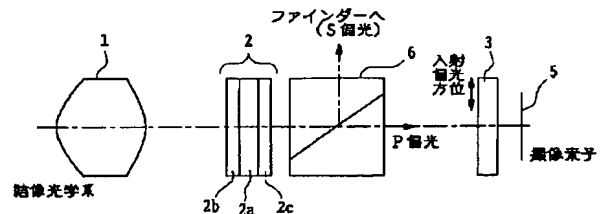
【図2】



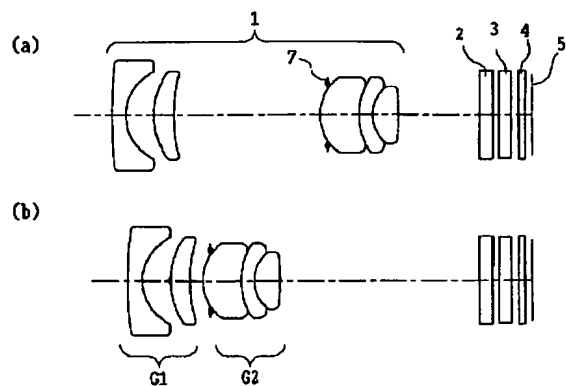
【図3】



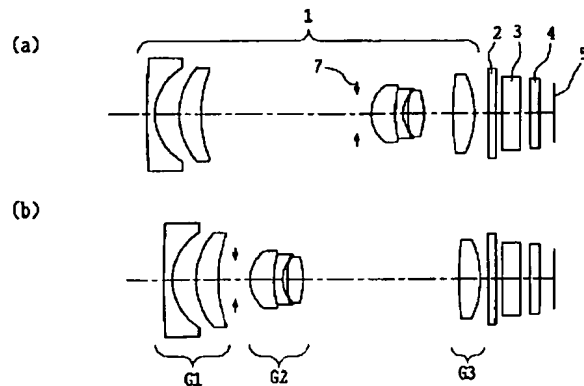
【図4】



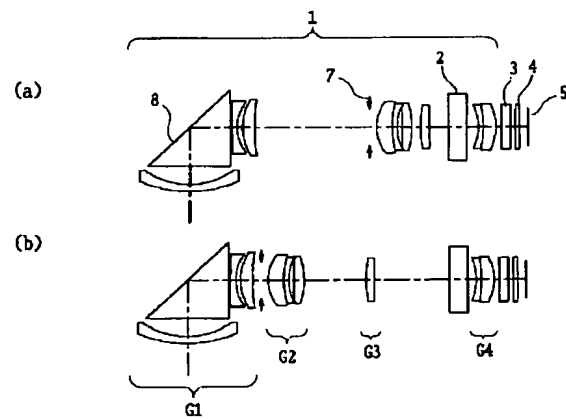
【図 5】



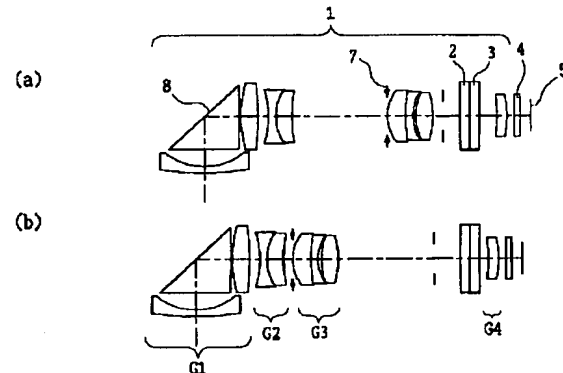
【図 6】



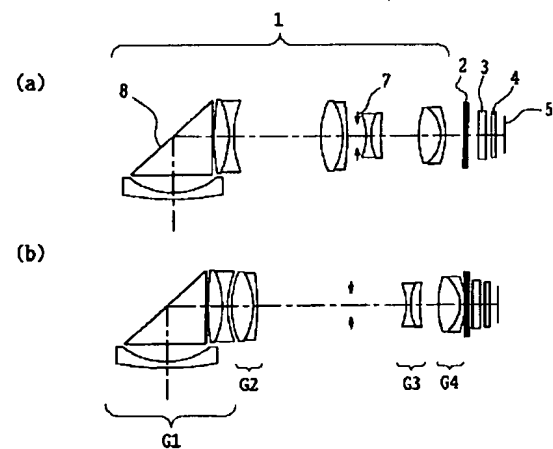
【図 7】



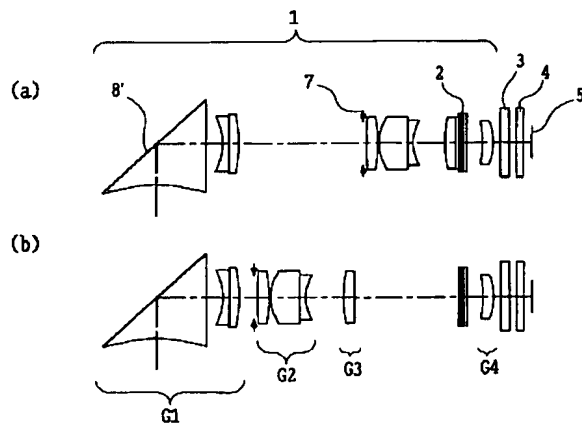
【図 8】



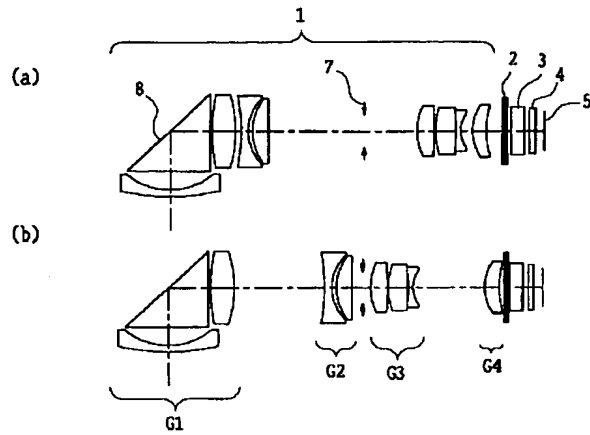
【図 9】



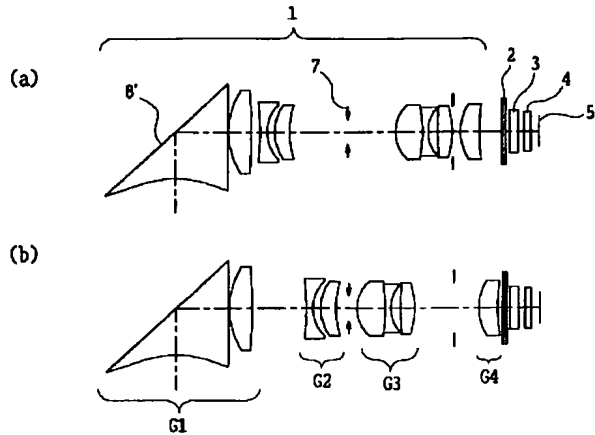
【図 10】



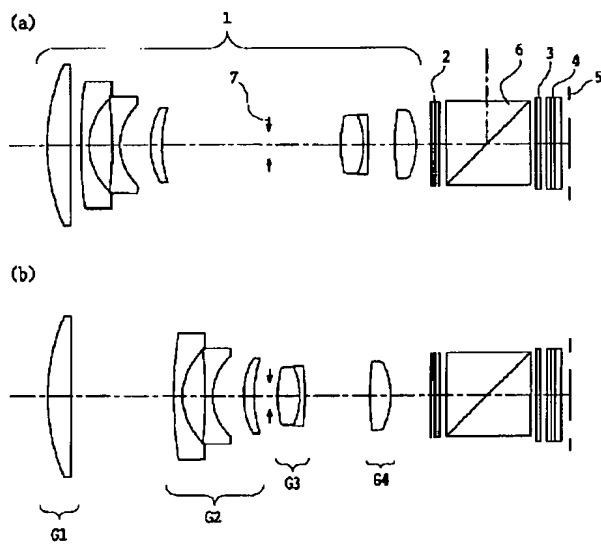
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
H 0 4 N 5/335
// H 0 4 N 101:00

識別記号

F I
H 0 4 N 5/335
101:00

テ-マ-コ-ド (参考)
V

Fターム(参考) 2H081 AA72
2H087 KA03 MA12 MA13 MA14 PA03
PA05 PA06 PA07 PA16 PA18
PA19 PB05 PB06 PB07 PB08
PB09 QA02 QA03 QA06 QA07
QA13 QA17 QA18 QA21 QA22
QA25 QA26 QA32 QA34 QA37
QA41 QA42 QA45 QA46 RA32
RA36 RA41 RA42 RA43 SA07
SA09 SA14 SA16 SA19 SA22
SA23 SA24 SA26 SA27 SA29
SA30 SA32 SA62 SA63 SA64
SA65 SA72 SA75 SB02 SB03
SB04 SB13 SB14 SB22 SB23
SB24 SB32 SB33 UA09
2H091 FA07X FA10X FA21X FA21Z
LA11 MA10
5C022 AA13 AB13 AC42 AC52 AC54
5C024 BX01 DX04 EX32 EX35 EX41
EX42 EX56 GX02

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-344897

(43)Date of publication of application : 03.12.2003

(51)Int.Cl. G03B 9/08
G02B 15/16
G02F 1/1335
H04N 5/225
H04N 5/238
H04N 5/335
// H04N101:00

(21)Application number : 2002-157611 (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.2002 (72)Inventor : MIHARA SHINICHI

(54) IMAGING OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an imaging system capable of suppressing a difference between a visual observation and an image pickup result due to polarization to the minimum even in the case of using liquid crystal for a shutter and also capable of reducing a difference between a finder image and the image pickup result in a single reflex finder camera using a half mirror or a half prism (half transmission mirror) for splitting a finder optical path and capable of suppressing the light loss due to the polarization to the minimum.

SOLUTION: The system is provided with an image forming optical system 1 for forming an object image and an imaging device 5 arranged near the formed image and a liquid crystal element 3 arranged in a certain position on the optical path between the object and the imaging device 5. The system is provided with an optical element 2 arranged closer to the object than the liquid crystal element 3. The optical element 2 is constituted of a medium having a light transmittance of $\geq 20\%$ with reference to a wavelength of 500 nm and having a refractive index which changes with reference to the light waves whose vibrating direction cross each other (having anisotropic refractive index).

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An image formation optical system which forms an objective image.

An imaging device arranged near the formed image.

A liquid crystal element arranged from said object at which position on an optical path between said imaging devices.

It is the imaging optical system provided with the abovesaid imaging optical system is provided with an optical element arranged rather than said liquid crystal element at the object side and transmissivity of light [in / in this optical element / wavelength of 500 nm] consists of a medium by which refractive indices to a light wave with which are not less than 20% and a light wave and a vibrating direction cross at right angles mutually differ.

[Claim 2] The imaging optical system according to claim 1 to which the angle ϕ of phase leading axial orientation said optical element's and the incidence side linear polarization child's polarization azimuth in said liquid crystal element to make is being fixed on the following conditions.

$15 \text{ degree} \leq |\phi| \leq 75 \text{ degree}$ [Claim 3] The imaging optical system according to claim 1 or 2 which has a half mirror for optical-path division between said optical element and said liquid crystal element.

[Claim 4] half said half mirror -- ** -- a field -- the imaging optical system according to claim 3 currently fixed so that the angle ψ of the 1st direction decided at a flat surface including an optic axis of a normal and said image formation optical system and the 2nd direction decided by said liquid crystal element to make may satisfy the following conditions.

$0 \text{ degree} \leq |\psi| \leq \text{--- said } 30 \text{ degrees}$ of 1st direction is in said flat surface here it is the direction of an altitude to said optic axis and said 2nd direction is the polarization azimuth of a linear polarization element established in the object side of said liquid crystal element.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to improvement of the imaging system of a camera especially a digital camera.

[0002]

[Description of the Prior Art] Light volume regulation of a camera is performed by combination with the diaphragm which determines the shutter which mainly determines exposure time and numerical apertures (f number etc.). And light volume is controlled when most drives these mechanically. In the shutter by machinery drive the simultaneity of the exposure covering the opening whole region of itself is not securable. Therefore near the diaphragm of a shutter if there is no ****image surface light volume unevenness will be caused. Since it is such it is necessary to move a shutter unit simultaneously in a variable power optical system the whole optical system which a part moves. As a result the whole camera

will be enlarged. In the optical system of the type which bends an optical path inside an image formation optical system for the purpose of slimming down of a camera especially enlargement of a lens barrel influences the thickness of a camera as it is and is not preferred.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way the liquid crystal shutter using a liquid crystal is known as what fulfills the conditions of the simultaneity of the exposure covering the shutter opening whole region. However there is a character in which transmissivity differs greatly by the direction of vibration of a light wave (linear polarization etc.) in a liquid crystal. Therefore when object light is polarizing strongly the problem that the light from a photographic subject does not arrive at an imaging surface (photography side) arises. There are some which were indicated by JP6-46324A as a camera using the property element which can perform control of light transmittance or a light transmission amount. In the case of the example indicated here as a circular light board is arranged on the image side and the light circularly polarized to the light reflection means following it enters it is made to perform light dividing etc. from said property element with a linear polarization operation normally. However about the case where incident light is polarizing strongly it is not taken into consideration at all. Therefore when a photographic subject with a liquid crystal image the water surface and glass a blue sky and other gloss is pictured or photoed an image differs from the seen sensibility. In the single lens reflex camera finder camera of the type which takes out a monitor image to especially a liquid crystal display. Since a half mirror or half prism (half mirror) is used in order to distribute the light from a photographic subject to a finder there is a fault to which the luminosity of a finder image and a photography image and the difference of a color become large.

[0004] this invention is made in view of the above-mentioned problem which conventional technology has and comes out. It is suppressing the difference of viewing and the image pick-up result by polarization also in the case having considered it as the purpose and a liquid crystal being used to the minimum. It is in providing the imaging system which can make small the difference of a finder image and an image pick-up result and can suppress the light volume loss by polarization to the minimum in single lens reflex camera fan DAKAMERA of the type which uses a half mirror or half prism (half mirror) for finder light way division. On optical performance at the time of advantageous variable power also in the zoom lens which moves in an optic-axis top a diaphragm prevents hypertrophy of a lens barrel and other purposes have it in providing the imaging system which enabled it to realize the optimal optical unit easily.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose an imaging optical system by this invention An image formation optical system which forms an objective image and an imaging device arranged near the formed image It is the imaging optical system provided with a liquid crystal element arranged from said object at which position on an optical path between said imaging devices It is

characterized by providing said imaging optical system with an optical element arranged rather than said liquid crystal element at the object side and this optical element consisting of a medium by which refractive indices to a light wave whose vibrating direction transmissivity of light in wavelength of 500 nm is not less than 20% and intersects perpendicularly mutually differ (anisotropy is in a refractive index).

[0006] The angle ϕ with the incidence side linear polarization child's polarization azimuth [in / in an imaging optical system by this invention / phase leading axial orientation of said optical element and said liquid crystal element] to make is being fixed on the following conditions.

$15 \text{ degree} \leq |\phi| \leq 75 \text{ degree}$ [0007] An imaging optical system by this invention has a half mirror for optical-path division between said optical element and said liquid crystal element.

[0008] an imaging optical system by this invention -- half said half mirror -- ** -- a field -- it is being fixed so that the angle ψ of the 1st direction decided at a flat surface including an optic axis of a normal and said image formation optical system and the 2nd direction decided by said liquid crystal element to make may satisfy the following conditions.

$0 \text{ degree} \leq |\psi| \leq$ -- said 30 degrees of 1st direction is in said flat surface here it is the direction of an altitude to said optic axis and said 2nd direction is the polarization azimuth of a linear polarization element established in the object side of said liquid crystal element.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Although it explains hereafter based on the example illustrating an embodiment of the invention the operation effect of this invention will be described in advance of explanation. According to this invention according to claim 1 even if the light from a photographic subject includes many polarization of the specific direction it becomes possible to change the degree of linear polarization into the state where it eased as much as possible. As a result even when a liquid crystal element is used as a shutter the difference of viewing and an image pick-up result can be suppressed to the minimum. However the medium which has anisotropy in a refractive index here is a crystal or a polymer material (plastic) for example. And the optical element which consists of such a medium points that by which the angle θ of a phase leading axis and the optic axis of an image formation optical system to make fulfills the following conditions out.

$75 \text{ degree} \leq |\theta| \leq 90 \text{ degree}$ (the maximum minimum which θ can take is **90 degrees)

(1)

A liquid crystal element adjusts light volume as control (what is called a shutter) of incident light transmission time or control (what is called a brightness diaphragm) of incident light transmissivity. It is also possible to control so that the transmissivity of a liquid crystal element changes continuously and to perform these two roles simultaneously.

[0010] By the way in order to always take out a picture to a liquid crystal display in

the type which takes out a monitor image to a single lens reflex camera finder camera especially a liquid crystal display it is necessary to use a half mirror or half prism (half mirror) as an object for finder light way division. However there is strong polarization in the half prism of 50% of reflectance. therefore -- a half -- ** -- a field -- most reflected lights -- S -- most lights polarized and penetrated turn into P polarization. Then the optical element which consists of a medium which has anisotropy in a refractive index is arranged to the object side rather than half prism. If it does in this way the degree of the linear polarization of the light from a photographic subject can be eased in the object side from half prism. As a result light can be distributed also to the penetration side also to the half prism's reflection side. A penetration side the reflection side or whichever may be sufficient as an image sensor. Naturally a liquid crystal element is arranged in the optical path by the side of an image sensor. If a liquid crystal element is arranged to direction which P polarization penetrates mostly to the image side of half prism at the maximum at the time of a penetration most light volume losses by polarization of this liquid crystal element will be lost.

[0011] The media (a circular light board $\lambda/4$ board a wavelength plate etc.) which have anisotropy in the aforementioned refractive index have a circular light operation and make it the light which does not incline toward a specific polarization direction. Herein order to fully issue the operation there are conditions. The optical element which consists of a medium which has anisotropy in a refractive index has a phase leading axis or a lagging axis (it is a crystal axis in the case of a crystal). A circular light operation is obtained only when the direction of the phase leading axis (or lagging axis) over the polarization azimuth of the entering linear polarization i.e. both relative azimuth is 45 degrees. In the case of 0 degree and 90 degrees it is still (however the polarization azimuth may be rotating) linear polarization. The middle serves as elliptical polarization and is in a state interim also as moderating actions of a linear polarization degree. If the major axis of elliptical polarization (the special case is circular light and linear polarization) is 45 degrees to the polarization azimuth by the incidence side linear polarization child of a liquid crystal element the light from a photographic subject arrives at an imaging surface to the polarization light of any azimuths and there are few differences of the transmissivity by the polarization direction of incident light. Therefore the range of the relative azimuth which can take out sufficient effect is as follows.

$15 \text{ degree} \leq |\phi| \leq 75 \text{ degree}$ (the maximum minimum which ϕ can take is ± 90 degrees)

(2)

However ϕ is an angle of the phase leading axial orientation of the optical element which consists of a medium which has anisotropy in a refractive index and the polarization azimuth by the incidence side linear polarization child of a liquid crystal element to make. Since transmissivity will fall remarkably depending on the polarization direction of incident light if the range of this condition is exceeded it is not desirable.

[0012] It is good to perform it as follows about the relative azimuth relation between a half mirror and a liquid crystal element in the composition using a half mirror.

$0 \text{ degree} \leq |\psi| \leq 30 \text{ degree}$ (the maximum minimum which ψ can take is ± 90 degrees) (3)

however ψ — half a half mirror — \pm — a field — with the 1st direction decided at a flat surface including the optic axis of a normal and an image formation optical system. It is an angle which the 2nd direction decided by a liquid crystal element makes and the 1st direction is in the above-mentioned flat surface it is the direction of the altitude to an optic axis and the 2nd direction is the polarization azimuth of a linear polarization element established in the object side of a liquid crystal element. When the range of this condition is exceeded it becomes impossible to permit the light volume loss by a liquid crystal element.

[0013] When an electronic image sensor is used as an image sensor an optical low pass filter is needed but this filter is usually arranged just before an image sensor. In order to also connect this filter with polarization and to demonstrate the low pass effect normally it is good to carry out relation between a low pass filter and a circular light board half prism and a liquid crystal element like A to the following D.

[0014] A. Arrange in order of a circular light board ($\lambda/4$ board) half prism liquid crystal element and an optical low pass filter from the circular light board [from the object side] ($\lambda/4$ board) liquid crystal element order [of an optical low pass filter] or object side. And for example when the angle of the direction of separation of an optical low pass filter according to the filter by the side of an object most and the polarization direction of the beam of light ejected from a liquid crystal element to make is set to α_1 it is good to make it become the following conditions.

$30 \text{ degree} \leq |\alpha_1| \leq 60 \text{ degree}$ (the maximum minimum which α_1 can take is ± 90 degrees)

(4)

It is more desirable when the above-mentioned conditions (1)(2) and (3) are fulfilled.

[0015] B. Arrange an optical low pass filter between half prism and a liquid crystal optical system. and half half prism — \pm — a field — when the angle of the 1st direction decided at a flat surface including the optic axis of a normal and an image formation optical system and the direction of separation of an optical low pass filter according to the ingredient by the side of an object most to make is set to α_2 it is good to fulfill the following conditions (5). A liquid crystal element is good to arrange so that the above-mentioned conditions (3) may be fulfilled. For that purpose when the angle of the direction of separation of an optical low pass filter according to the ingredient by the side of an image most and the polarization azimuth of the incidence side linear polarization child of a liquid crystal element to make is set to α_3 it is good to fulfill the following conditions (6).

$30 \text{ degree} \leq |\alpha_2| \leq 60 \text{ degree}$ (the maximum minimum which α_2 can take is ± 90 degrees)

(5)

$30^\circ \leq |\alpha_3| \leq 60^\circ$ (the maximum minimum which α_3 can take is $\pm 90^\circ$)

(6)

What is necessary is just to fulfill the above-mentioned conditions (1) and (2) about a circular light board.

[0016]C. Arrange an optical low pass filter to the object side of half prism. and half half prism -- ** -- a field -- when the angle of the 1st direction decided at a flat surface including the optic axis of a normal and an image formation optical system and the direction of separation of an optical low pass filter according to the ingredient by the side of an image most to make is set to α_4 it is good to fulfill the following conditions (7).

$30^\circ \leq |\alpha_4| \leq 60^\circ$ (the maximum minimum which α_4 can take is $\pm 90^\circ$)

(7)

The circular light board can incorporate as one ingredient of an optical low pass filter or can also give a circular light function to an optical low pass filter. Of course an optical low pass filter may be arranged to the object side of a circular light board. However it is good to fulfill the above-mentioned conditions (2) in the case of which.

[0017]D. Arrange an optical low pass filter between a circular light board and a liquid crystal element in an optical system without a light splitting element. And what is necessary is just to fulfill the above-mentioned conditions (2) and (6). It is good to fulfill the above-mentioned conditions (1).

[0018]In the arrangement which sandwiches a circular light board with several optical low pass filters in which the directions of separation differ it is good to fulfill the above-mentioned conditions (6). It is good to fulfill the above-mentioned conditions (1) and (2). However in particular when the optical low pass filter has been arranged to the object side of a circular light board there is no restriction to the azimuth relation of an optical low pass filter.

[0019]This invention does not depend the light volume regulation function equivalent to a shutter and a diaphragm of a camera on a machinery drive but performs it using the physical properties of a liquid crystal etc. There is the following in the optical system in which this composition is especially effective.

1. Optical system which shutter and diaphragm move at time of **** etc.

(Example 1) From the object side when **** (ing) from a wide angle end to a tele edge with the 1st lens group The zoom lens system which has lens group P which has the positive refracting power which moves only to the object side by an aperture diaphragm and one (type that lens group P approaches in a tele edge especially to such an extent that neither the type which has a catoptric light study element for optical-path refraction in the 1st lens group nor the member for light volume regulation enters).

2. Optical system with difficult space reservation which puts in lens shutter mechanism near diaphragm.

(Example 2) In the zoom lens system which has lens group Q which moves at the

time of **** with the 1st lens group the 2nd lens group that moves at the time of **** and an aperture diaphragm from the object side. The zoom lens which moves only in the any 1 direction when [of said 2nd lens group and lens group Q] one of lens groups carries out variable power to a tele edge from a wide angle end at least (also in this case.) The type which has a catoptric light study element for optical-path crookedness in the 1st lens group and the type that lens group Q approaches in a tele edge to such an extent that the member for light volume regulation does not enter may be used.

3. Optical system with problem of garbage adhesion in the image surface by machinery drive of focal plane shutter.

(Example 3) It is a long optical system of a back focus like the imaging optical system of an one eye reflex camera. For example the optical system for cameras as for which $F_b \geq 1.8$ and f_w become. However the air conversion length of distance from the crestal plane by the side of an image most to an image formation face of the last lens element in which F_b has refracting power and f_w are the wide angle end focal distances of a zoom lens.

[0020] In the case of the optical system of the type of above-mentioned 1. the shutter diaphragm by physical properties is fixable to any or a suitable position. If it does so the inside diameter of the aperture diaphragm which moves at the time of **** is fixable. A diaphragm mechanism becomes unnecessary and it becomes unnecessary as a result for big mechanisms also including a shutter to move. It is not necessary to necessarily arrange the shutter diaphragm by physical properties near the aperture diaphragm in this way. Therefore also in the optical system of the type with which the lens group which approaches a diaphragm at the time of **** like above-mentioned 2. exists it is effective.

[0021] The detailed example of composition of an optical system applicable to this invention is shown below.

1) When it has positive refracting power sequentially from the object side with the 1st lens group that comprised a negative lens and a positive lens and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end move only to the object side by an aperture diaphragm and one and it is one or two lens components (here a lens component points out a single lens or a cemented lens.). therefore a three-sheet cemented lens is also counted with one lens component. from -- zoom lens which comprises the 2nd becoming lens group moves a part of 1st whole lens group or 2nd lens group and performs a focus. In the case of the zoom lens of this example of composition the shutter diaphragm (physical-properties light volume regulation element) by physical properties is good to fix to one position of the image sides of the 2nd lens group.

[0022] 2) One positive lens which became independent of the 2nd lens group to the image side to the example of composition of the above-mentioned lens or the zoom lens which has the 3rd lens group that consists of one positive lens component. In the case of the zoom lens of this example of composition it may be made to focus by the 3rd lens group. A physical-properties light volume regulation element is good to insert between the 2nd lens group and the 3rd lens group immediately after

the 3rd lens group or in the image side of the last lens group.

[0023] In order in accordance with an optical path from the object side including a catoptric light study element for the ejection side to bend a concave negative lens and an optical path at the time of variable power 3) The 1st fixed lens group The zoom lens which consists of the 2nd lens group that moves only to the object side by an aperture diaphragm and one and consists of one or two lens components when it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end the 3rd lens group that carries out a different motion from the 2nd lens group and the last lens group which has positive refracting power. In the case of the zoom lens of this example of composition the shutter diaphragm (physical-properties light volume regulation element) by physical properties is good to fix to the position of either between the 3rd lens group and the last lens group or the image side of the last lens group.

[0024] In order in accordance with an optical path from the object side including a catoptric light study element for the ejection side to bend a concave negative lens and an optical path at the time of variable power 4) The 1st fixed lens group The 2nd lens group that moves reciprocally when it has negative refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end The zoom lens which consists of the 3rd lens group that moves only to the object side by an aperture diaphragm and one and consists of one or two lens components when it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end and the last lens group which has positive refracting power. In the case of the zoom lens of this example of composition the shutter diaphragm (physical-properties light volume regulation element) by physical properties is good to fix to the position of either between the 3rd lens group and the last lens group or the image side of the last lens group.

[0025] 5) The zoom lens system transposed to the 1st fixed lens group including the catoptric light study element (prism) for bending an optical path with the entrance plane which turned the concave surface to the object side for the 1st fixed lens group most in order in accordance with the optical path from the object side including said catoptric light study element at the time of variable power at the time of variable power. In the case of the zoom lens of this example of composition the position of a physical-properties light volume regulation element is the same as the above-mentioned example 4.

[0026] 6) The zoom lens which has most the 2nd lens group that the image side is a positive lens and moves at the time of variable power an aperture diaphragm lens group Q which has positive refracting power and moves at the time of variable power and last lens group R which has positive refracting power sequentially from the object side by having negative refracting power with the 1st lens group that has positive refracting power. In the case of the zoom lens of this example of composition a physical-properties light volume regulation element is good to insert between lens group Q and lens group R or in the image side of last lens group R. The 2nd lens group is good to constitute from less than two lens components.

[0027] 7) The zoom lens which has the 1st lens group that has positive refracting

power and moves sequentially from the object side at the time of variable power the 2nd lens group that has negative refracting power and moves at the time of variable power an aperture diaphragm lens group Q which has positive refracting power and moves at the time of variable power and last lens group R which has positive refracting power. In the case of the zoom lens of this example of composition a physical-properties light volume regulation element is good to insert between lens group Q and lens group R or in the image side of last lens group R. [0028] From the object side in accordance with an optical path in order consist of a catoptric light study element and a positive lens for the ejection side to bend a concave negative lens and optical path and at the time of variable power 8) The 1st fixed lens group The zoom lens which has most the 2nd lens group that the image side is a positive lens and moves at the time of variable power an aperture diaphragm lens group Q which has positive refracting power and moves at the time of variable power and last lens group R which has positive refracting power. In the case of the zoom lens of this example of composition a physical-properties light volume regulation element is good to insert between lens group Q and lens group R or in the image side of last lens group R. The 2nd lens group is good to constitute from less than two lens components.

[0029] 9) The zoom lens system replaced with the lens group which consists of the catoptric light study element (prism) and positive lens for bending the optical path which has the entrance plane which turned the concave surface to the object side for said 1st lens group most in order in accordance with the object side to the optical path. In the case of the zoom lens system of this example of composition the position of a physical-properties light volume regulation element is the same as the above-mentioned example 8. The catoptric light study element for bending an optical path may be provided between the 2nd lens group and lens group Q.

[0030] 10) The optical system which has a reflective means for optical-path division in the image side of the image formation optical system whole system or the middle.

11) The optical system which has a catoptric light study element for bending an optical path in the optical system of the above 10.

12) The optical system whose one side of an entrance plane or a projection surface of the above-mentioned catoptric light study element is a prism body of a curved surface at least in the optical system of the above 11.

13) in the optical system of the above 10 -- the reflective means for the above-mentioned optical-path division -- a half mirror -- or -- a half -- the optical system from which it is ** (half) prism and the reflection side serves as a finder.

[0031]

[Example] Hereafter the example of this invention is described using a drawing. The imaging optical system of each example is provided with the liquid crystal element arranged at one between the image formation optical system which forms an objective image the imaging device (image sensor) arranged near the formed image and said object and said imaging device of positions as composition common

to the example described below. The imaging optical system of each example is provided with the optical element arranged rather than said liquid crystal element at the object side. The transmissivity of the light in the wavelength of 500 nm is not less than 20% and this optical element comprises a medium by which the refractive indices to the light wave and a vibrating direction cross at right angles mutually differ. The angle ϕ of the phase leading axial orientation said optical element's and the incidence side linear polarization child's polarization azimuth in said liquid crystal element to make is being fixed on the following conditions.

$15^\circ \leq |\phi| \leq 75^\circ$ of following examples [some of] are the things of composition of having a half mirror for optical-path division between said optical element and said liquid crystal element again. in the example of composition of having such a half mirror -- half a half mirror -- ** -- a field -- the angle ψ of the 1st direction decided at a flat surface including the optic axis of a normal and said image formation optical system and the 2nd direction decided by said liquid crystal element to make is being fixed so that the following conditions may be satisfied.

$0^\circ \leq |\psi| \leq 30^\circ$ said 30 degrees of 1st direction is in said flat surface here it is the direction of the altitude to said optic axis and said 2nd direction is the polarization azimuth of a linear polarization element established in the object side of said liquid crystal element.

[0032] 1st example drawing 1 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 1st example of the imaging optical system concerning this invention. This example is an example of application to the imaging optical system in which the optical path of a finder optical system and the optical path of the image formation optical system 1 are independently. In the imaging optical system of this example the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are arranged inside the image formation optical system 1. It is arranged in order of the optical low pass filter 4 and the image sensor 5 following the image formation optical system 1. The optical element 2 of this example is a circular light board. Here $\lambda/4$ board is used. Other wavelength plates can also be used as a circular light board. An infrared cut coat may be given to the air contact surface of a circular light board. As for the liquid crystal element 3 light polarizer is formed in the $\lambda/4$ board (optical element 2) side. The polarization direction of this light polarizer is abbreviated 45 degree to the crystal orientation of $\lambda/4$ board. In drawing 1 although the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are left and arranged they may arrange what joined both.

[0033] 2nd example drawing 2 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 2nd example of the imaging optical system concerning this invention. The optical path of a finder optical system and the optical path of the image formation optical system 1 as well as [this example] the 1st example are examples of application to the imaging optical system which is independently. In the imaging optical system of this example the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are arranged to the exterior of the image formation optical

system 1. The image sensor 5 is arranged following the liquid crystal element 3. The optical element 2 of this example consisted of the one circular light board 2a and two optical low pass filter 2b and 2c and optical low pass filter 2b and 2c have pasted it up on both sides of the circular light board 2a. Here $\lambda/4$ board is used as the circular light board 2a. Other wavelength plates can also be used as the circular light board 2a. An infrared cut coat may be given to the air contact surface (optical low pass filter 2b air contact surface of 2c) of the optical element 2. As for the liquid crystal element 3 light polarizer is formed in the $\lambda/4$ board 2a side. The polarization direction of this light polarizer is abbreviated 45 degree to the crystal orientation of the $\lambda/4$ board 2a. In drawing 2 although the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are left and arranged they may arrange what joined both. It is also possible to arrange the optical element 2 of the 1st example to the exterior of an image formation optical system like this example. Contrary to this the optical element 2 of this example can also be arranged inside the image formation optical system 1 like the 1st example.

[0034] 3rd example drawing 3 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 3rd example of the imaging optical system concerning this invention. This example is an example of application of the imaging optical system to which a part of optical path of a finder optical system and optical path of the image formation optical system 1 are common for example the imaging optical system of an one eye reflex camera. In the imaging optical system of this example the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are arranged to the exterior of the image formation optical system 1. In this example in order to lead an object image to a finder optical system the half mirror (prism) 6 is arranged in the optical path. 3rd example drawing 3 is an image pick-up which a from book requires.

It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 3rd example. This example.

It is arranged in order of the liquid crystal element 3 the optical low pass filter 4 and the image sensor 5 following the half mirror 6. The structure of the optical element 2 of this example or the liquid crystal element 3 is the same as the 1st example. As for the polarization direction of the light polarizer which is in the half mirror 6 side among the light polarizers of the liquid crystal element 3 it is preferred that they are abbreviated parallel to the photography image to the image sensor 5 of the optical path immediately after reflection by the half mirror 6.

[0035] 4th example drawing 4 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 4th example of the imaging optical system concerning this invention. A part of optical path of a finder optical system and optical path of the image formation optical system 1 as well as [this example] the 3rd example are the examples of application of the imaging optical system which is common for example the imaging optical system of an one eye reflex camera. In the imaging optical system of this example the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are arranged to the exterior of the image formation optical system 1. In this example in order to lead an object image to a finder optical system the half mirror

(prism) 6 is arranged in the optical path. It is arranged in order of the liquid crystal element 3 and the image sensor 5 following the half mirror 6. The optical element 2 of this example is the same as that of the 2nd example and consisted of the one circular light board 2a and two optical low pass filter 2b and 2c and optical low pass filter 2b and 2c have pasted it up on both sides of the circular light board 2a. In this example the separating direction of the optical low pass filter 2c by the side of the half mirror 6 is good among optical low pass filter 2b in the both sides of the optical element 2 and 2c to be abbreviated 45 degree to the photography image to the image sensor 5 of the optical path immediately after reflection by the half mirror 6. As for the polarization direction of the light polarizer which is in the half mirror 6 side among the light polarizers of the liquid crystal element 3 it is preferred that they are abbreviated parallel to the photography image to the image sensor 5 of the optical path immediately after reflection by the half mirror 6.

[0036] 5th example drawing 5 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 5th example of the imaging optical system concerning this invention (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. Outline ***** to which the 5th operation meets the optic axis of the 5th example of the imaging optical system which requires 5 for this invention.

** and (a) show a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

In the imaging optical system of this example the image formation optical system 1 the optical element 2 the liquid crystal element 3 the optical low pass filter 4 and the image sensor 5 are arranged on the straight line. When carrying out variable power of the image formation optical system 1 to the 1st lens group G1 and a tele edge from a wide angle end from the object side at order it has the 2nd lens group G2 that has the positive refracting power which moves only to the object side and comprises the aperture diaphragm 7 and one as a zoom lens system. The 1st lens group G1 comprises a negative lens and a positive lens sequentially from the object side. The 2nd lens group G2 comprises a three-sheet cemented lens. A focus is performed by moving the ** lens group G1 or the 2nd lens group G2. The optical element 2 is being fixed to the image side rather than the 2nd lens group. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 1st example.

[0037] 6th example drawing 6 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 6th example of the imaging optical system concerning this invention (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. This example is also an example of application to the optical system which the optical path of a finder optical system and the optical path of the image formation optical system 1 are independently and the aperture diaphragm 7 moves like the 5th example at the time of variable power. In the imaging optical system of this example the image formation optical system 1 the optical element 2 the liquid crystal element 3 the optical low pass filter 4 and the image sensor 5 are arranged on the straight line like the 5th example. The 2nd lens group G2 that has the positive refracting power which moves only to the object side by the aperture diaphragm 7

and one when carrying out variable power of the image formation optical system 1 to the 1st lens group G1 and a tele edge from a wide angle end from the object side at orderIt has the 4th lens group G4 that has 3rd lens group G3 which carries out a different motion from the 2nd lens group G2and positive refracting powerand is constituted as a zoom lens system. The 1st lens group G1 comprises a negative lens and a positive lens sequentially from the object side. The 2nd lens group G2 comprises a two-sheet cemented lens and a positive lens sequentially from the object side. 3rd lens group G3 comprises one positive lens. A focus is performed by moving the ** lens group G1 or the 2nd lens group G2. This example is applicable also to what was made to focus by 3rd lens group G3. The optical element 2 is arranged just behind 3rd lens group G3. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 1st example.

[0038]7th example drawing 7 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 7th example of the imaging optical system concerning this invention(a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. The 7th operation is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 7th example of the imaging optical system which requires 7 for this inventionand (a) is wide angle *****.

The state of ***** is shown. This example is the 5th and 6th fruit.

The imaging optical system of this example is a folding optical systemhas the optical-path bending element 8 which bends an optic axis in the optical path of the image formation optical system 1and is constituted. In accordance with an optical pathin order the image formation optical system 1 including the catoptric light study element 8 for the ejection side to bend 90 degrees of concave negative lenses and optical paths at the time of variable power from the object side The 1st fixed lens group G1When it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle endit has the 2nd lens group G2 that moves only to the object side3rd lens group G3 which carries out a different motion from the 2nd lens group G2and the 4th lens group G4 that has positive refracting powerand comprises the aperture diaphragm 7 and one as a zoom lens system. ***** of an imaging optical system like [*****] 7th example drawing 7 looks a book.

The outline sectional view in alignment with the optic axis of an example.

The 2nd lens group G2 comprises a two-sheet cemented lens and a positive lens sequentially from the object side. 3rd lens group G3 comprises one positive lens. The optical element 2 is being fixed between 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 1st example.

[0039]8th example drawing 8 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 8th example of the imaging optical system concerning this invention(a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. The 8th operation is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 8th example of the imaging optical system which requires 8 for this inventionand

(a) is wide angle *****.

The state of ***** is shown. This examples are the 5th – the 7th fruit.

Like the 7th example the imaging optical system of this example is a folding optical system has the optical-path bending element 8 which bends an optic axis in the optical path of the image formation optical system 1 and is constituted. In accordance with an optical path in order the image formation optical system 1 including the catoptric light study element 8 for the ejection side to bend 90 degrees of concave negative lenses and optical paths at the time of variable power from the object side The 1st fixed lens group G1 The 2nd lens group G2 that moves reciprocally when it has negative refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end When it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end it has 3rd lens group G3 which moves only to the object side and the 4th lens group G4 that has positive refracting power and comprises the aperture diaphragm 7 and one as a zoom lens system. ***** of an imaging optical system like [*****] 8th example drawing 8 looks a book.

The outline sectional view in alignment with the optic axis of an example.

The 2nd lens group G2 comprises a two-sheet cemented lens. 3rd lens group G3 comprises a two-sheet cemented lens and a positive lens sequentially from the object side. The optical element 2 and the liquid crystal element 3 are being fixed between 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4. In this example it pastes up and the optical element 2 and the liquid crystal element 3 are formed in one.

[0040] 9th example drawing 9 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 9th example of the imaging optical system concerning this invention (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

Outline ***** to which the 9th operation meets the optic axis of the 9th example of the imaging optical system which requires 9 for this invention.

** and (a) show a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. this example -- the optical path of a finder optical system and the optical path of the image formation optical system 1 -- independently .

Like the 7th example the imaging optical system of this example is a folding optical system has the optical-path bending element 8 which bends an optic axis in the optical path of the image formation optical system 1 and is constituted. In accordance with an optical path in order the image formation optical system 1 including the catoptric light study element 8 for the ejection side to bend 90 degrees of concave negative lenses and optical paths at the time of variable power from the object side The 1st fixed lens group G1 The 2nd lens group G2 that moves only to the object side when it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle end It has positive refracting power with the aperture diaphragm 7 and 3rd lens group G3 which moves to the image side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end and the 3rd lens group has the 4th lens group G4 from which movement magnitude differs and is constituted as a zoom lens system. ***** of an imaging optical system like [*****] 9th example drawing 9 looks a book.

The outline sectional view in alignment with the optic axis of an example.

The 2nd lens group G2 comprises a two-sheet cemented lens. 3rd lens group G3 also comprises a two-sheet cemented lens. The optical element 2 is arranged from the 4th lens group G4 at the image side. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 1st example.

[0041]10th example drawing 10 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 10th example of the imaging optical system concerning this invention(a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. The 10th fruit is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 10th example of the imaging optical system concerning this inventionand drawing 10 is (a) *****.

(b) shows the state of the tele edge. This example is the 5-.

The imaging optical system of this example is a folding optical systemhas optical-path bending element 8' which bends an optic axis in the optical path of the image formation optical system 1and is constituted. The image formation optical system 1 in order an optical path with the entrance plane which turned the concave surface to the object side most including catoptric light study element 8' for bending 90 degrees in accordance with an optical path at the time of variable power from the object side The 1st fixed lens group G1The 2nd lens group G2 that moves only to the object side by the aperture diaphragm 7 and one when it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle endIt has positive refracting powerhas 3rd lens group G3 which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle endand the 4th lens group G4 that has positive refracting powerand is constituted as a zoom lens system. As for optical-path bending element 8'the entrance plane is an aspheric surface. The 2nd lens group G2 comprises a positive lens and a two-sheet cemented lens sequentially from the object side. 3rd lens group G3 comprises one positive lens. The optical element 2 is being fixed between 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 2nd example.

[0042]11th example drawing 11 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 11th example of the imaging optical system concerning this invention(a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. The 11th fruit is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 11th example of the imaging optical system concerning this inventionand drawing 11 is *****.

**** and (b) show the state of the tele edge. The optical path of a finder optical system and the optical path of this example of the image formation optical system 1 as well as the 9th example are independent.

Like the 7th examplethe imaging optical system of this example is a folding optical systemhas the optical-path bending element 8 which bends an optic axis in the optical path of the image formation optical system 1and is constituted. In accordance with an optical pathin order the image formation optical system 1

including the catoptric light study element 8 for the ejection side to bend 90 degrees of concave negative lenses and optical paths at the time of variable power from the object side The 1st fixed lens group G1The 2nd lens group G2 that moves only to the image side when it has negative refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle endIt has positive refracting power with the aperture diaphragm 7 and 3rd lens group G3 which moves to the object side when it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle endand the 3rd lens group has the 4th lens group G4 from which movement magnitude differsand is constituted as a zoom lens system. Image pick-up optical ***** which 11th example drawing 11 requires for an invention.

The outline in alignment with the optic axis of one example.

The 2nd lens group G2 comprises a negative lens and a positive lens sequentially from the object side. 3rd lens group G3 comprises a positive lens and a two-sheet cemented lens sequentially from the object side. The optical element 2 is arranged rather than the 4th lens group G4 at the image side. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 1st example.

[0043]12th example drawing 12 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 12th example of the imaging optical system concerning this invention(a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

Drawing 12 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 12th example of the imaging optical system concerning this inventionand (a) Ends and is in the 12th fruit.

b) shows the state of the tele edge. The optical path of a finder optical system and the optical path of this example of the image formation optical system 1 as well as the 9th and 11th example are independent.

Like the 10th examplethe imaging optical system of this example is a folding optical systemhas optical-path bending element 8' which bends an optic axis in the optical path of the image formation optical system 1and is constituted. The image formation optical system 1 in order an optical path with the entrance plane which turned the concave surface to the object side most including catoptric light study element 8' for bending 90 degrees in accordance with an optical path at the time of variable power from the object side The 1st fixed lens group G1The 2nd lens group G2 that moves only to the image side when it has negative refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle endIt has the 4th lens group G4 that considers a motion which has positive refracting power and is different from the 3rd lens group as the aperture diaphragm 7 and 3rd lens group G3 which moves only to the object side when it has positive refracting power and variable power is carried out to a tele edge from a wide angle endand is constituted as a zoom lens system. As for optical-path bending element 8'the entrance plane is an aspheric surface. The 2nd lens group G2 comprises a negative lens and a positive lens sequentially from the object side. 3rd lens group G3 comprises a two-sheet cemented lens and a positive lens sequentially from the

object side. The optical element 2 is arranged rather than the 4th lens group G4 at the image side. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as that of the 1st example.

[0044]13th example drawing 13 is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 13th example of the imaging optical system concerning this invention(a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge. This example is an example of application of the imaging optical system to which a part of optical path of a finder optical system and optical path of the image formation optical system are commonfor examplethe imaging optical system of an one eye reflex cameralikethe 1st and 3rd example. In the imaging optical system of this examplethe image formation optical system 1the half mirror (half prism) 6the optical element 2the liquid crystal element 3the optical low pass filter 4and the image sensor 5 are arranged on the straight line. The 2nd lens group G2 that has the negative refracting power which moves only to the image side when carrying out variable power of the image formation optical system 1 to a tele edge from a wide angle end with the 1st lens group G13rd lens group G3 which has the positive refracting power which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end with the aperture diaphragm 7and the 3rd lens have the 4th lens group G4 from which movement magnitude differsand are constituted as a zoom lens system. The 1st lens group comprises a positive lens. The 2nd lens group G2 comprises a negative lensa negative lensand a positive lens sequentially from the object side. 3rd lens group G3 is constituted from the object side by ranking and the two-sheet cemented lens. The 4th lens group G4 comprises a positive lens. The half prism 6 is arranged between the 4th lens group G4 and the optical element 2. This half prism 6 leads the reflected light to a finder optical system (graphic display abbreviation)and leads a transmitted light to an optical element. The optical element 2 is arranged rather than the half prism 6 at the object side. The composition of the optical element 2 and the liquid crystal element 3 is the same as the 2nd example.

[0045]As explained abovethe imaging optical system by this invention is provided also with the following features besides the invention indicated to the claim.

[0046](1) The imaging optical system according to claim 1 to which the transmission time of incident light or the transmitted light amount of incident light is changed in said liquid crystal element.

[0047](2) The imaging optical system according to claim 3 which is equipped with a finder optical systemone of the optical paths divided with said half mirror reaches to said imaging deviceand either of the remainder reaches to a finder optical system.

[0048]

[Effect of the Invention]According to this inventionthe light volume regulation optical element which removed the evil by polarization of a liquid crystal can be obtainedby thisthe light volume regulatory mechanism by machinery drive can be omittedthe simplification of a lens barrel and a miniaturization can be attainedand the miniaturization of a camera housing can be realized by extension. Especially

when what is called a collapsible-mount-type body tube that pushes out an optical system out of a camera body at the time of photography and stores an optical system in a camera body at the time of carrying is adopted and it slims down a camera housing. As for the lens side which adjoins an aperture diaphragm, at least one side has turned the convex toward this aperture diaphragm on the character of the optical system used there. For this reason, if arrangement that considers the inside diameter of an aperture diaphragm as immobilization and the lens side of said convex penetrates an aperture-diaphragm inner diameter part is used, the useless space by diaphragm can be lost thoroughly and can make the lens group of operation approach to a limit and the further shortening of the thickness of the optical system at the time of the lens storage to a case of it will be attained. Since it becomes impossible to narrow down in this case, said light volume regulation optical element is needed, but if this is arranged near the optical element near a flat surface, increase of that part thickness will be suppressed to the minimum.

[0049] Although another means which makes the depth direction of a camera housing thin is introduction of an optical-path bending catoptric light study element, hypertrophy of a body tube influences the thickness of depth as it is in this case. It is more advantageous for the optical system adopted as this to have moved the aperture diaphragm to the lens group and one which work for variable power on optical performance. However, according to this invention, an aperture-diaphragm inside diameter is considered as immobilization, if a light volume regulation optical element is inserted in positions other than the move space of a variable power lens group and it fixes about light volume regulation, the move space of a light volume regulatory mechanism can be saved and a large miniaturization will be attained.

[0050] In the optical system of a single lens reflex camera, REXX method, there is light volume degradation (abbreviation half) by a half mirror. There is light volume degradation of an abbreviation half also in the light volume regulation optical element of this invention. If it doubles, it will just be going to decrease to about 25% at the maximum. However, if composition like this invention is used, it will become possible to be able to avoid light volume degradation by the latter and to secure 50% of light volume as a whole.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 1st example of the imaging optical system concerning this invention.

[Drawing 2] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 2nd example of the imaging optical system concerning this invention.

[Drawing 3] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 3rd example of the imaging optical system concerning this invention.

[Drawing 4] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 4th example of the imaging optical system concerning this invention.

[Drawing 5] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 5th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 6] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 6th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 7] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 7th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 8] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 8th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 9] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 9th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 10] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 10th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 11] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 11th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 12] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 12th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Drawing 13] It is an outline sectional view in alignment with the optic axis of the 13th example of the imaging optical system concerning this invention and (a) shows a wide angle end and (b) shows the state of the tele edge.

[Description of Notations]

1 Image formation optical system

2 Optical element

2a Circular light board

2b2c4 optical low pass filters

3 Liquid crystal element

5 Image sensor

6 Half mirror (half prism)

7 Aperture diaphragm

8 and 8' catoptric light study element (optical-path bending element)

G1 The 1st lens group

G2 The 2nd lens group

G3 The 3rd lens group

G4 The 4th lens group